

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07335973 A**

(43) Date of publication of application: **22.12.95**

(51) Int. Cl.

H01S 3/18

(21) Application number: **06128767**

(71) Applicant: **SHARP CORP**

(22) Date of filing: **10.06.94**

(72) Inventor: **WATANABE MASANORI**

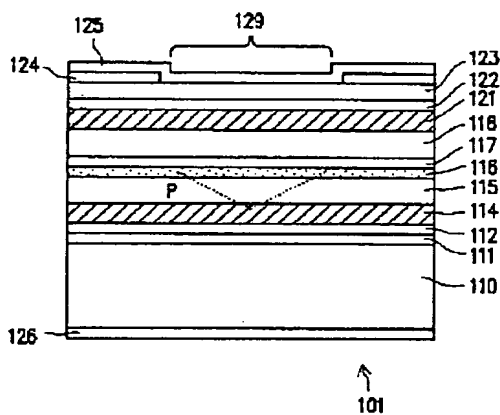
(54) SEMICONDUCTOR LASER

(57) Abstract:

PURPOSE: To increase current utilization efficiency without complicating a manufacturing process by reflecting natural emission light from an active layer at a high reflection power to the active layer side to efficiently perform the photon recycle of the natural emission light and making a total reflecting layer for reflection into a simple structure which does not increase its resistance.

CONSTITUTION: Clad layers 115, 118 are provided at the top and the bottom of an active layer 116 and total reflecting layers 114, 121, the refractive index of which is smaller than that of the clad layers are provided in contact with the clad layers outside the clad layers 115, 118.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-335973

(43) 公開日 平成7年(1995)12月22日

(51) Int.Cl.⁸
H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-128767

(22) 出願日 平成6年(1994)6月10日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 渡辺 昌規

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

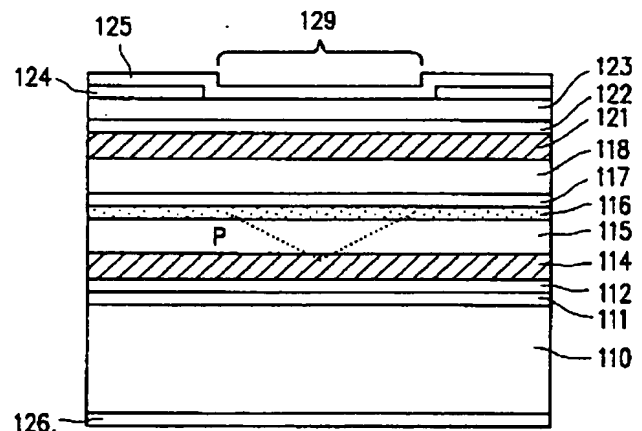
(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

(57) 【要約】

【目的】 活性層 1 1 6 から自然放出される光を高い反射率で活性層側に反射して、自然放出光のフォトンリサイクルを効果的に行うことができ、しかも該反射を行う全反射層 1 1 4, 1 2 1 を抵抗増大のない単純な構造とでき、これにより、製造プロセスの複雑化を招くことなく、電流利用効率の高効率化を図った半導体レーザ 1 0 1 を提供する。

【構成】 活性層 1 1 6 上下のクラッド層 1 1 5, 1 1 8 の外側に、屈折率が該クラッド層の屈折率より小さい全反射層 1 1 4, 1 2 1 を該クラッド層に接触させて配設した。



↑
101

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ光の発生領域となる活性層と、
該活性層内に光を閉じ込めるための、該活性層より発した光に対して透明な透光層と、
該透光層の、該活性層と反対側に該透光層に接して設けられ、該透光層の屈折率より小さい屈折率を有する全反射層とを備え、

該活性層を発し該全反射層で反射された光の少なくとも一部が該活性層に戻るよう構成した半導体レーザ。

【請求項 2】 レーザ光の発生領域となる活性層と、
該活性層の上側及び下側に設けられ、該活性層内に光を閉じ込めるための、該活性層より発した光に対して透明な第 1 及び第 2 の透光層と、

該各透光層の、該活性層と反対側にそれぞれ該透光層に接して設けられ、該透光層の屈折率より小さい屈折率を有する第 1 及び第 2 の全反射層とを備え、

該活性層を発し該各全反射層で反射された光の少なくとも一部が該活性層に戻るよう構成した半導体レーザ。

【請求項 3】 前記全反射層は、その層厚と屈折率の積で表される光路長がレーザ光の中心波長の 1.41 倍以上である請求項 1 記載の半導体レーザ。

【請求項 4】 前記透光層は、AlGaAs または AlGaInP よりなり、前記全反射層は、屈折率が該透光層の屈折率より低い AlAs、AlGaAs、AlInP または AlGaInP の何れかよりなる請求項 1 記載の半導体レーザ。

【請求項 5】 前記透光層は、ZnSe、ZnSSe または ZnMgSSe の何れかよりなり、前記全反射層は、屈折率が該透光層の屈折率より低い ZnCdS、ZnCdSSe または ZnMgSSe の何れかよりなる請求項 1 記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光情報処理用、通信用、固体レーザ励起用などとして用いられる半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体レーザにおいて、閾値電流を低減することは、高い電流-光変換効率を得るために非常に重要である。

【0003】 例えば、特開平 2-170486 号公報には、活性層から放出されたレーザ発振に寄与しない自然放出光を活性層に帰還させ（フォトンリサイクル）、レーザ発振に寄与しない自然放出光を実効的に抑制することによって、閾値電流の低下、及びこれによる電流-光変換効率の向上を図った半導体レーザが提案されている。図 8 はこの半導体レーザの断面構造を示す。

【0004】 図において、900 は半導体レーザで、その n 型 GaAs 基板 901 上にはメサストライプ部 900a が形成され、その両側には p 型 AlGaAs 埋め込

み層 908 が形成され、該埋め込み層 908 上には n 型 AlGaAs 埋め込み層 909 が形成されている。上記メサストライプ部 900a は、レーザ光の発光領域である GaAs 活性層 904 と、該活性層をその上下両側から挟み込む p 型及び n 型 AlGaAs クラッド層 905、903 と、その外側に配置された p 型及び n 型多層反射層 906、902 と、p 型多層反射層 906 上に配置された p 型キャップ層 907 とを有している。該 p 型キャップ層 907 の上部にはその両側の埋め込み層 909 にまたがるよう Zn 拡散領域 910 が形成されている。なお、911 は上記キャップ層側に形成された p 電極、912 は基板裏面側に形成された n 電極である。

【0005】 この半導体レーザは以下のようにして作製される。

【0006】 n 型 GaAs 基板 901 上に、MOCVD 法（有機金属化学気相成長法）によって、n 型 Al_{0.3}Ga_{0.7}As と n 型 AlAs をそれぞれ $\lambda/4n$ （n は媒質の屈折率、 λ は発光光の波長である。）の厚さで交互に 10 周期積層し、n 型多層反射層 902 を形成する。続いて、その上に n 型 Al_{0.3}Ga_{0.7}As クラッド層 903、GaAs 活性層 904、p 型 Al_{0.3}Ga_{0.7}As クラッド層 905 を形成する。その後、該クラッド層 905 上に p 型 Al_{0.3}Ga_{0.7}As と p 型 AlAs をそれぞれ $\lambda/4n$ の厚さで交互に 10 周期積層して p 型多層反射層 906 を形成し、その上に p 型 GaAs キャップ層 907 を形成する。

【0007】 次に、エッチングによりメサストライプ部 900a を形成した後、LPE 法（液相成長法）を用いて、該メサストライプ部 900a の両側に p 型 Al_{0.3}Ga_{0.7}As 埋め込み層 908 と n 型 AlGaAs 埋め込み層 909 を順次積層する。その後、選択拡散により Zn 拡散領域 910 を形成し、最後に p 電極 911 をキャップ層側に、n 電極 912 を基板裏面側に形成し、基板の劈開により 100 μ m の共振器長をもつ半導体レーザ 900 を得る。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の半導体レーザ 900 では、多層反射層 902、906 が、特定の入射方向の光、例えば多層反射膜を構成する各層の厚さが $\lambda/4n$ である場合は各層の表面に垂直な入射光に対してのみ高反射率となる性質を有しているため、活性層 904 から垂直に多層反射層 902、906 に向かう光は、該多層反射層によって反射されフォトンリサイクルに寄与するが、斜めに多層反射層 902、906 に入射する光は、該多層反射層で吸収されてしまい、外部出射、つまりレーザの出射出力に寄与しないという問題点があった。

【0009】 また、上記半導体レーザ 900 は、多層反射層 902、906 を構成する各層の厚さを高精度に制御する必要があるため製造が難しく、また半導体層の積

10

20

30

40

50

層構造中に異種半導体の接合界面が多く存在するため、これが素子の高抵抗化の要因となっていた。

【0010】本発明は、上記問題点を解決しようとしてなされたものであり、活性層から自然放出される光を高い反射率で活性層側に反射して、自然放出光のフォトンリサイクルを効果的に行うことができ、しかも該反射を行う反射層による抵抗増大を抑えることができ、さらに該反射層をその形成プロセスが簡単なものとでき、これにより製造プロセスの複雑化を招くことなく電流利用効率の高効率化を図った半導体レーザを提供することが本発明の目的である。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザは、レーザ光の発生領域となる活性層と、該活性層内に光を閉じ込めるための、該活性層で発生した光に対して透明な透光層と、該透光層の、活性層と反対側にこれに接して設けられ、該透光層の屈折率より小さい屈折率を有する全反射膜とを備え、活性層から放出された光を該全反射膜により反射して活性層に戻すようにしており、そのことにより上記目的が達成される。

【0012】本発明の半導体レーザは、レーザ光の発生領域となる活性層と、該活性層の上側及び下側に設けられ、該活性層内に光を閉じ込めるための、該活性層で発生した光に対して透明な第1、第2の透光層と、該両透光層の、活性層と反対側にこれに接して設けられ、該透光層の屈折率より小さい屈折率を有する第1、第2の全反射膜とを備え、活性層から放出された光を該全反射膜により反射して活性層に戻すようにしており、そのことにより上記目的が達成される。

【0013】また、前記全反射層は、その層厚と屈折率の積で表される光路長が半導体レーザの中心発光波長の1.41倍以上であることが望ましい。

【0014】また、前記透光層がAlGaAsまたはAlGaInPよりなる場合、前記全反射層が、該透光層の屈折率より小さい屈折率を有するAlAs、AlGaAs、AlInPまたはAlGaInPの何れかよりなることが望ましく、さらには全反射層と透光層とが格子整合することが望ましい。

【0015】また、前記透光層がZnSeまたはZnSSeよりなる場合、前記全反射層が、該透光層の屈折率より小さい屈折率を有するZnCdSまたはZnMgSSeよりなることが望ましく、さらには全反射膜と透光層とが格子整合することが望ましい。

【0016】また、前記透光層がZnMgSSeよりなる場合、前記全反射層が、該透光層の屈折率より小さい屈折率を有するZnMgSSeよりなることが望ましく、さらに両者が格子整合することが望ましい。

【0017】

【作用】この発明においては、活性層内に光を閉じ込めるための、該活性層で発生した光に対して透明な透光層

の表面に、屈折率が該透光層の屈折率より小さい全反射層を該透光層に接触させて配設したから、活性層から漏れ出した光のうち該全反射膜に対する入射角が一定角度以上のものを該全反射膜により活性層側に全反射して、自然放出光のフォトンリサイクルを効果的に行うことができる。しかも該全反射層は単一層構造としてその内部に異種半導体の接合界面が存在しないものとするため、該全反射膜による抵抗増大を抑えることができる。また上記全反射を単一層構造とすることにより、その製造プロセスも簡単にできる。これにより、製造プロセスの複雑化を招くことなく、低閾値、高効率化を図った半導体レーザを得ることができる。

【0018】次に、図面を参照して作用について詳述する。図5は、本発明の全反射層による反射の原理を示す断面図である。同図において、光入射側の媒質1の屈折率を3.527、媒質2の屈折率を媒質1の屈折率より低い3.189、媒質3の屈折率を4.066-0.276iとし、媒質1から媒質2への光の入射角をAとする。そして、入射角Aが50°および66°の場合について、反射層(媒質2)の層厚dを変化させたとき、反射率Rがどのように変わるかを計算した結果を図6に示す。ただし光の波長λは0.564μmとした。

【0019】図5に示すものでは、臨界角Ac、つまり入射光が全反射される時の入射角は64.7°である。入射角Aが臨界Acに満たない50°の時は、反射率Rは媒質2の層厚dの値が増えると周期的に増減を繰り返す。入射角Aが臨界角Acを越えた66°の時は、全反射条件を満たしており、媒質2の層厚dが波長λに比べて十分大きければ、反射率Rは100%となる。しかし媒質2の層厚dが薄ければ反射率Rは小さく、反射率Rが50%を越えるのは媒質2の層厚dが0.25μm程度、100%近くの反射率となるのは媒質2の層厚dが約1μm以上のときである。

【0020】これは、入射角Aが全反射条件 $A > A_c$ を満たしていても、媒質2にエバネッセント波と呼ばれる光の染み出しがあり、十分な反射率を得るには、その染み出し距離よりも媒質2の層厚dが大きくならなければならないことを示している。

【0021】ここで、50%以上の反射率が得られる媒質2を全反射層と定義する。全反射層の下限層厚は、上述したように0.25μmであるが、波長によって変化する。この値を光路長(屈折率×層厚)に直すと波長の1.41倍($= 3.189 \times 0.25 \mu\text{m} / 0.564 \mu\text{m}$)に相当し、この値は近似的に波長によらずに適用できる。

【0022】この全反射層の下限層厚は、従来用いられている多層反射層中の低屈折率層の層厚に比べて非常に大きい。多層反射層中の低屈折率層厚は $\lambda / 4n$ (nは屈折率)で与えられる。これは上記光路長としては波長の0.25倍である。この値に比べ、全反射層の光路長

10

20

30

40

50

は波長の1.41倍以上であって、両者の比は少なくとも5.6倍以上である。多層反射層はブラッグ反射、つまり多数の界面での反射、全反射層は全反射、つまり単一の界面での反射というように動作原理も異なり、両者が別の物であることがわかる。

【0023】全反射層の材料としては、入射側の媒質より屈折率が小さいだけでなく、格子整合することが望ましい。

【0024】これらの点を考慮すると、入射側の媒質がAlGaInPである場合、全反射層の材料には、AlGaInP（ただしAl混合比が入射側のものより大きいもの）、AlInP、AlGaAsまたはAlAsが特に適している。入射側の媒質がAlGaAsである場合も上記と同様に、全反射層の材料には、AlGaInP、AlInP、AlGaAs（ただしAl混晶比が入射側のものより大きいもの）またはAlAsが特に適している。また入射側の媒質がZnSe、ZnSSeである場合は、ZnCdSあるいはZnMgSSeが、入射側の媒質がZnMgSSeである場合は、ZnMgSSe（ただしMg混晶比もしくはS混晶比が入射側のものより大きいもの）がそれぞれ全反射層の材料として適している。

【0025】

【実施例】この発明の実施例について以下に説明する。

【0026】（実施例1）図1は本発明の実施例1のAlGaInP系半導体レーザの断面図を示している。なおこの実施例の説明では、Ga_{1-y}In_yPをGaInPと、Al_{1-x}In_xPをAlInPと、(Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yPをAlGaInPと略記する。

【0027】図において、101は本発明の第1の実施例のAlGaInP系半導体レーザであり、そのn型GaAs基板110上には、n型GaAsバッファ層111及びn型Al_{1-x}Ga_xAs中間バンドギャップ層112を介してn型AlAs全反射層114が形成されている。この全反射膜114上には、n型AlGaInP（アルミ混結晶比y=0.7）クラッド層115及びアンドープGa_{1-x}In_xP歪み活性層116が順次形成されている。この活性層116上にはp型MQB（マルチ・カンタム・バリア）層117を介してp型AlGaInP（アルミ混結晶比y=0.7）クラッド層118が形成され、さらに該クラッド層118上にp型AlAs全反射層121が形成されている。そして、この全反射膜121上にはp型Al_{1-x}Ga_xAs中間バンドギャップ層122を介してp型GaAsコンタクト層123が形成され、その上には、開口部129を有する絶縁膜124を介してAuZn表面電極125が形成されている。上記基板の裏面には、AuGe裏面電極126が形成されている。

【0028】ここで、上記全反射膜114、121は、クラッド層115、118の屈折率より小さい屈折率を

有している。

【0029】次に製造方法について説明する。

【0030】表面が(100)面のn型GaAs基板110上に、MOCVD法（有機金属気相成長法）によって、層厚0.5μmのn型GaAsバッファ層111、層厚0.2μmのn型Al_{1-x}Ga_xAs中間バンドギャップ層112、層厚1μmのn型AlAs全反射層114を順次形成する。

【0031】続いてその上に、MOCVD法により層厚2μmのn型AlGaInP（y=0.7）クラッド層115、層厚20nmのアンドープGa_{1-x}In_xP歪み活性層116、p型MQB（マルチ・カンタム・バリア）層117、層厚2μmのp型AlGaInP（y=0.7）クラッド層118を形成した後、層厚1μmのp型AlAs全反射層121を形成する。その後層厚0.2μmのp型Al_{1-x}Ga_xAs中間バンドギャップ層122、及び層厚1μmのp型GaAsコンタクト層123を順次形成する。ここで上記p型MQB層117は、層厚1.1オングストロームのGaInP層と層厚17オングストロームのAlGaInP（y=0.7）層の10ベア程度からなる超格子層である。

【0032】次いで、上記コンタクト層123上に絶縁膜124を形成した後、エッチングにより幅100μmの開口部129を形成する。さらに上記コンタクト層123上に電極125、基板裏面に電極126を形成した後、基板を共振器長が500μmとなるよう劈開する。

【0033】その後、劈開面の一方に低反射膜（Al₂O₃）（図示せず）、劈開面の他方に、酸化アルミとシリコンとを積層した構造の高反射膜（Al₂O₃/Si/Al₂O₃）（図示せず）を形成する。

【0034】さらに上記劈開した基板を個々のレーザチップに分割し、これをステムにマウントしてワイヤボンディングを行い、レーザパッケージのハーメチックシールを行う。

【0035】本実施例の半導体レーザは中心波長630nmで発振する。

【0036】また、本実施例の半導体レーザにおいては、活性層116からの自然放光のうち、一定角度以上の入射角で全反射層114あるいは121へ入射する光は、該全反射層により反射されて活性層へ帰還するため、閾値電流が、全反射層のない場合の約1/2に低減された。

【0037】次に作用効果について説明する。

【0038】まず、垂直方向の光に比べて、斜め方向の光の占める立体角が圧倒的に多いことを、図7を用いて示す。Gで示す垂直方向に近い0~θの角度の立体角は、

【0039】

【数1】

$$2\pi \int_0^{\theta} \sin \delta d\delta = 2\pi (1 - \cos \theta) \approx 2\pi \theta / 2 \quad \text{--- (1)}$$

【0040】となる。ただし近似式は θ が1より十分小さい場合に成り立つ。

【0041】一方、Hで示す水平方向に近い $\pi/2 - \theta$

$\sim \pi/2$ の立体角は、

【0042】

【数2】

$$2\pi \int_{\pi/2-\theta}^{\pi/2} \sin \delta d\delta = 2\pi (\sin \theta) \approx 2\pi \theta \quad \text{--- (2)}$$

【0043】となる。ただし近似式は θ が1より十分小さい場合に成り立つ。

【0044】ここでは、 θ の値が $\pi/2$ 以下の場合を想定している。その場合、常に(2)式の値の方が(1)式の値より大きく、特に θ が1より十分小さい場合にその差が顕著になる。例えば θ が 24° の場合、図7のGで示す垂直方向に近い立体角は0.543、Hで示す水平方向に近い立体角は2.556であり、4.7倍の差がある。このように水平方向に近い立体角のほうが圧倒的に大きく、従って斜め方向の入射光に対して高い反射率を有する全反射層が光子リサイクルに有利なことが分かる。

【0045】なお、本発明による全反射層の効果は、活性層とクラッド層の界面での全反射とは異なる。通常の半導体レーザの導波路は、光を活性層とクラッド層の界面で全反射させることにより導波させ、レーザ発振を起こさせるものである。本発明の全反射層は、クラッド層の外側に配設され、活性層とクラッド層の界面で全反射されずに外部に漏れた光を活性層に戻す働きをする。全反射層は導波光の及ばない領域に配設されていることから、クラッド層と容易に区別がつくものである。

【0046】このように本実施例では、活性層116上下のクラッド層115、118の外側に、屈折率が該クラッド層の屈折率より小さい全反射層114、121を該透光層に接触させて配設したので、活性層116から漏れ出した光のうち該全反射膜に臨界角以上の角度で入射するものを、該全反射膜により活性層側に全反射して、自然放出光の光子リサイクルを効果的に行うことができる。しかも該全反射層は単一層構造としているため、その内部に異種半導体の接合界面が存在しておらず、該全反射膜による抵抗増大を抑えることができる。また上記全反射膜が単一層構造であるため、その製造プロセスも簡単である。これにより、製造プロセスの複雑化を招くことなく、低閾値、高効率化を図った半導体レーザを得ることができる。

【0047】なお、本実施例1は以下のように変形してもよい。

【0048】上記実施例では、上記全反射層114、121を構成する半導体材料としてAlAsを用いたが、AlGaAs、AlInP、あるいはAlGaInPを

用いてもよい。全反射層の厚さは、上記のものに限らず、 $0.29\mu\text{m}$ ($0.63\mu\text{m}/3.11$ の1.41倍)以上であればよい。ただし上記値3.11はAlAsの波長 $0.63\mu\text{m}$ に対する屈折率である。

【0049】上記活性層116は引っ張り歪み量井戸層としたが、圧縮歪み、無歪みであっても、また多重量子井戸であってもよい。活性層のAl混晶比 y はゼロとしたが、若干Alを加えてもよい。

【0050】上記MQB層117は、GaInP層とAlGaInP ($y=0.7$)層の10ペア程度からなる超格子層であって、電子の活性層116からpクラッド層118へのオーバーフローを低減するために設けているが、不可欠なものではない。

【0051】上記活性層116とクラッド層115あるいは活性層116とMQB層117の間に、活性層よりも屈折率が低くクラッド層よりも屈折率の高い光ガイド層を設けてもよい。

【0052】上記中間バンドギャップ層112、122は、素子への印加電圧を減少させる効果があるが、必ずしも必要ではなく、GaAsとAlAsの間のバンドギャップを有する他の材料(GaInPなど)で置き換えてもよい。またこれは組成を徐々に変化させたグレーデッド層あるいは超格子層としてもよい。

【0053】上記基板110の導電型はn型でなくp型でもよく、その場合各層の導電型をすべて反対にする。また基板110の面方位は(100)に限定されるものでなく、どの面方位でもよい。

【0054】上記表面電極125としては、AuZnを用いたが、その他のp側オーミック電極を用いてもよい。また裏面電極126としてはAuGeを用いたが、その他のn側オーミック電極を用いてもよい。

【0055】また、各半導体層111~123はMOCVD法で形成したが、これらの層はMBE法(分子線エピタキシ法)、ガスソースMBE法、MOMBE法(有機金属MBE法)、CBE法(化学ビームエピタキシ法)などの成長法で形成してもよい。

【0056】(実施例2)図2は本発明の第2の実施例のAlGaInP系半導体レーザの構造を説明するための断面図であり、本実施例は上記実施例1と構成が類似であるため、同一組成のものには同一符号を記す。図に

において、102は本実施例のAlGaInP系半導体レーザであり、これはリジストライブ部140を有している。該リジストライブ部140は、p型第1クラッド層118上にエッチングストップ層119を介して配置されており、該エッチングストップ層119上に順次積層された第2クラッド層120、全反射膜121、中間バンドギャップ層122及びコンタクト層123から構成されている。

【0057】上記リジストライブ部140の両側面及びエッチングストップ層119上にはn型GaAs層130が形成され、さらに全面にp型GaAs層132が形成されている。なお、125は該p型GaAs層132上に形成されたp電極、126はn型基板の裏面側に形成されたn電極である。

【0058】次に製造方法について説明する。

【0059】上記第1の実施例と同様にして表面が(100)面のn型GaAs基板110上に上記各種半導体層111~118を形成した後、本実施例ではp型AlGaInP(y=0.7)クラッド層118上に、層厚8μmのp型GaInPエッチングストップ層119を形成する。その後は、上記実施例1と同様、第2クラッド層120、全反射層121、中間バンドギャップ層122、及びコンタクト層123を順次形成する。

【0060】次いで、該コンタクト層123上に選択的に形成した絶縁膜をマスクにして、上記各種半導体層123~120をエッチングして、エッチングストップ層119上にリジストライブ部140を形成する。

【0061】次に、MOCVD法によりn型GaAs層130を形成した後、上記絶縁膜を除去し、さらにp型GaAs層132を形成する。そして該p型GaAs層132上に電極125、基板110の下面に電極126を形成し、基板110を共振器長が500μmとなるよう劈開する。

【0062】その後、該劈開した基板の劈開面の一方に低反射膜(図示せず)、該基板の劈開面の他方に高反射膜(図示せず)を形成する。さらに該劈開した基板を個々のレーザチップに分割して、該レーザチップをステムにマウントし、ワイヤボンディングを行い、レーザパッケージのハーメチックシールを行う。

【0063】本実施例の半導体レーザは実施例1の半導体レーザと異なり、単一横モード発振するためのストライプ導波路構造を有している。単一横モード発振レーザは最大光出力は実施例1に示したブロードエリアレーザ、あるいはアレイレーザに較べて小さいが、光ビーム形状が良好であり光の回折限界までスポット径を絞り込むことができるため、光ディスク用などに適している。

【0064】本実施例の半導体レーザは中心波長630nmで発振する。

【0065】また、本実施例の半導体レーザにおいては、活性層116から全反射層114あるいは121へ

斜めに向かう自然放射光は、全反射層により反射されて活性層へ帰還するため、閾値電流が低減され、全反射層のない場合の約2/3となる。閾値の低減率が実施例1に較べて小さいのは、全反射光の一部がストライブ140の外へ帰還され無効になってしまうからである。

【0066】なお、本実施例2についても、実施例1に示したのと同様の変形が可能である。

【0067】(実施例3)図3は本発明の第3の実施例によるAlGaAs半導体レーザの構造を示す断面図であり、図において、103は、本発明の第3の実施例のAlGaAs系半導体レーザであり、n型GaAs基板210の(111)B面上には、n型GaAsバッファ層211及びn型AlGaAs中間バンドギャップ層212を介してn型AlAs全反射層214が形成されている。この全反射膜214上には、n型AlGaAsクラッド層215及びアンドープAlGaAs歪み活性層216が順次形成されている。この活性層216上にはp型AlGaAsクラッド層217を介してp型AlAs全反射層218が形成されている。そして、この全反射膜218上にはp型AlGaAs中間バンドギャップ層220を介してp型GaAsコンタクト層221が形成され、その上には、開口部223を有する絶縁膜222を介して表面電極225が形成されている。上記基板の裏面には、裏面電極226が形成されている。

【0068】次に製造方法について説明する。

【0069】表面が(111)B面のn型GaAs基板210上に、MBE法によって、層厚0.5μmのn型GaAsバッファ層211、層厚0.2μmのn型AlGaAs中間バンドギャップ層212、及び層厚1μmのn型AlAs全反射層214を順次形成する。続いてその上に、層厚2μmのn型AlGaAsクラッド層215、層厚0.05μmのアンドープAlGaAs歪み活性層216、及び層厚2μmのp型AlGaAsクラッド層217を形成し、その後さらに層厚2μmのp型AlAs全反射層218、層厚0.2μmのp型AlGaAs中間バンドギャップ層220、及び層厚1μmのp型GaAsコンタクト層221を形成する。

【0070】そして、該コンタクト層221の表面にSi₃N₄膜222を形成し、幅100μm、ピッチ200μmの開口部223を形成し、表面電極225、裏面電極226をそれぞれ上記コンタクト層側、及び基板裏面側に全面蒸着する。

【0071】その後、基板を400μm間隔で劈開してバー状に分割する。このバー状基板の一方の劈開面(前面)に低反射膜、もう一方の劈開面(背面)に高反射膜を形成する。

【0072】さらに該バー状基板を200μm間隔に切断して得られたレーザチップをステムにダイボン

ワイヤボンディングしてハーメチックシールを行い、半導体レーザ素子を完成させる。

【0073】本実施例の半導体レーザは、閾値電流が全反射層を用いない場合に比べて約1/2となった。発振スロープ効率、つまり単位電流変化当りの光出力の変化量は、全反射層の有無によらず1.0W/A程度であり変化しなかった。

【0074】このような構成の本実施例では、活性層216上下のクラッド層215、217の外側に、屈折率が該クラッド層の屈折率より小さい全反射層214、218を該クラッド層に接触させて配設したので、上記第1の実施例と同様の効果が得られる。

【0075】なお、本実施例においては、(111)B面のGaAs基板では、(100)面の基板より若干低閾値電流が得られるため、基板210として表面が(111)B面のGaAsを用いたが、基板の種類は特に限定されるものではない。

【0076】また、上記第1～第3の実施例では、上記クラッド層と活性層の間にガイド層（屈折率をやや高くした一種のクラッド層）を設けてもよい。

【0077】（実施例4）図4は本発明の第4の実施例のZnMgSSe系半導体レーザを示す断面図である。なおこの実施例の説明では、 $Zn_{1-x}Cd_xSe$ をZnCdSeと、 $ZnS_{1-y}Se_y$ をZnSSeと、 $Zn_{1-x}Mg_xS_{1-y}Se_y$ をZnMgSSeと略記する。

【0078】図において、104は本発明の第4の実施例のZnMgSSe系半導体レーザであり、そのn型GaAs基板350上には、n型GaAsバッファ層351及びn型ZnSSeバッファ層352を介してn型ZnMgSSe全反射層353が形成されている。この全反射膜353上には、n型ZnMgSSeクラッド層354、n型ZnSSe光ガイド層355及びアンドープ $Zn_{1-x}Cd_xSe$ 歪み量子井戸活性層356が順次形成されている。この活性層356上にはp型ZnSSe光ガイド層357を介してp型ZnMgSSeクラッド層358が形成され、さらに該クラッド層358上にp型ZnMgSSe全反射層359が形成されている。そして、この全反射膜359上にはp型ZnSSeコンタクト層360が形成され、その上には、p型 $ZnSe_{1-x}Te_x$ グレーデッドコンタクト層361及びp型 $ZnSe_{1-x}Te_x$ コンタクト層362が形成されている。このコンタクト層362上には、開口部369を有するSi₃N₄膜364を介して表面電極365が形成されている。上記基板の裏面には、裏面電極366が形成されている。

【0079】ここで、上記全反射膜353、359は、クラッド層355、358の屈折率より小さい屈折率を有している。

【0080】次に製造方法について説明する。

【0081】n型GaAs基板350上に、MBE法に

より、層厚0.5 μ mのn型GaAsバッファ層351、及び層厚0.2 μ mのn型ZnSSeバッファ層352を形成し、その上に層厚1 μ mのn型ZnMgSSe全反射層353を形成する。

【0082】その後、該全反射層353上に層厚1 μ mのn型ZnMgSSeクラッド層354、層厚0.1 μ mのn型ZnSSe光ガイド層355、層厚0.01 μ mのアンドープ $Zn_{1-x}Cd_xSe$ (x=0.2) 歪み量子井戸活性層356を順次形成し、さらに層厚0.1 μ mのp型ZnSSe光ガイド層357、及び層厚1 μ mのp型ZnMgSSeクラッド層358を形成する。

【0083】続いて、該クラッド層358上に層厚0.5 μ mのp型ZnMgSSe全反射層359を形成し、さらにその上に層厚1 μ mのp型ZnSSeコンタクト層360、組成比xが0から0.5まで変化した層厚1 μ mのp型 $ZnSe_{1-x}Te_x$ グレーデッドコンタクト層361、及び層厚1 μ mのp型 $ZnSe_{1-x}Te_x$ コンタクト層361を形成する。

【0084】そして、該コンタクト層361の表面にSi₃N₄膜364を形成し、幅100 μ m、ピッチ200 μ mの開口部369を形成し、さらに該コンタクト層361及びSi₃N₄膜364上に表面電極365を形成し、基板裏面側に裏面電極366を形成する。

【0085】そして、上記基板を劈開によって共振器長が300 μ mとなるよう分割し、劈開面的一方に低反射膜（図示せず）、劈開面の他方に高反射膜（図示せず）を形成する。その後は上記実施例と同様にして得られたレーザチップのパッケージングを行って半導体レーザ素子を完成する。

【0086】ここで、クラッド層354、358のZnMgSSeの混晶比はx=0.08、y=0.18とし、全反射層353、359のZnMgSSeはそれよりも屈折率の小さくなるよう、例えばx=0.24、y=0.4とした。ただしこれらの混晶比はGaAs基板350に格子整合がとれるように設定した。

【0087】このような構成の本実施例では、活性層356上下のクラッド層354、358の外側に、屈折率が該クラッド層の屈折率より小さい全反射層353、359を該クラッド層に接触させて配設したので、上記第1の実施例と同様の効果が得られる。

【0088】なお、本実施例は以下に示す変形が可能である。

【0089】実施例2に示したようなストライプ形状の光導波路構造を用いてもよい。

【0090】各半導体層351～362をMBE法（分子線エピタキシー法）で形成したが、MOCVD法、MOBE法、ガスソースMBE、CBE法などで形成してもよい。

【0091】また、実施例における詳細な説明は行っていないが、InGaAsP系半導体レーザにおいても、

全反射層によるフォトンリサイクルを行うことができる。また、 AlGaInN 系材料においても半導体レーザの開発が進められているが、これについても全反射層を適用することができる。

【0092】なお、実施例1～4において、電極をレーザチップの下面および上面に形成したものを示したが、正負の電極をレーザチップの一方の面に配設するように工夫した半導体レーザでもよい。このような半導体レーザは公知であり、本発明の全反射層はそのような半導体レーザにも用いることができる。

【0093】上記の正負の電極をチップの一方の面に配設した半導体レーザなどでは、必ずしも全反射層の導電型は隣接するクラッド層と同じである必要はない。

【0094】さらに上記各実施例では、全反射層を活性層の上下両側に配設したものを示したが、全反射層は活性層の片側にのみ配設してもよい。また、第1および第2クラッド層は複数層で構成されていてもよい。上記活性層は単一の層でなく、多重量子井戸層などであってもよい。活性層の中で電流が注入される領域は、狭いストライプ状、広いストライプ状、ストライプのアレイ状などであってもよい。

【0095】その他、本発明は、上述したもの以外の各種材料及び構造の半導体レーザに対して適用可能であることは言うまでもない。

【0096】

【発明の効果】以上のように本発明の半導体レーザによれば、活性層内に光を閉じ込めるための、該活性層で発生した光に対して透明な透光層の表面に、屈折率が該透光層の屈折率より小さい全反射層を該透光層に接触させて配設したので、活性層から漏れ出した光のうち該全反射膜に対する入射角が一定角度以上のものを該全反射膜により活性層側に全反射して、自然放出光のフォトンリサイクルを効果的に行うことができる。しかも該全反射層は単一層構造としてその内部に異種半導体の接合界面が存在しないものとできるため、該全反射膜による抵抗増大を抑えることができる。また上記全反射膜を単一層構造とすることにより、その製造プロセスも簡単にできる。これにより、製造プロセスの複雑化を招くことなく、低閾値、高効率化を図った半導体レーザを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による AlGaInP 系半導体レーザの構造を示す断面図である。

【図2】本発明の第2の実施例による AlGaInP 系半導体レーザの構造を示す断面図である。

【図3】本発明の第3の実施例による AlGaAs 系半導体レーザの構造を示す断面図である。

【図4】本発明の第4の実施例による ZnMgSSe 系半導体レーザの構造を示す断面図である。

【図5】本発明における反射の原理を説明するための断面模式図である。

【図6】本発明における反射層の層厚と反射率の関係を示す図である。

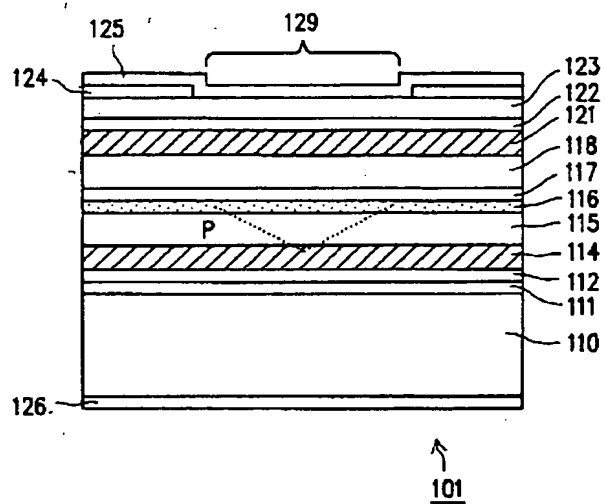
【図7】本発明の有効性を、活性層から漏れ出す光の空間的な広がりから説明するための模式図である。

【図8】従来の AlGaAs 系半導体レーザの構造を示す断面図である。

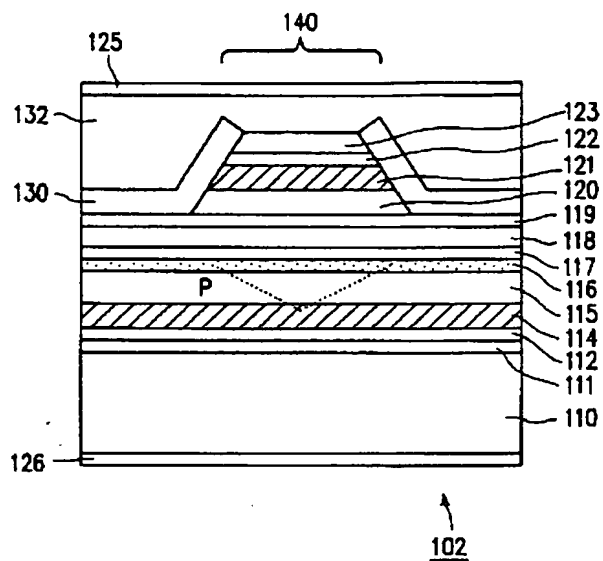
【符号の説明】

- 101～104 第1～第4の実施例の半導体レーザ
- 110, 210, 350 n型 GaAs 基板
- 111, 211, 351 n型 GaAs バッファ層
- 112, 212 n型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 中間バンドギャップ層
- 114, 214 n型 AlAs 全反射層
- 115 n型 AlGaInP ($y=0.7$) クラッド層
- 116 アンドープ $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 歪み活性層
- 20 118 p型 AlGaInP ($y=0.7$) クラッド層
- 119 エッチングストップ層
- 121, 218 p型 AlAs 全反射層
- 122, 220 p型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 中間バンドギャップ層
- 123, 221 p型 GaAs コンタクト層
- 125, 225, 365 表面電極
- 126, 226, 366 裏面電極
- 140 リッジストライプ部
- 215 n型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ クラッド層
- 30 216 アンドープ $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{InAs}$ 歪み活性層
- 217 p型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ クラッド層
- 222, 364 絶縁膜
- 223, 369 絶縁膜開口
- 352 n型 ZnSSe バッファ層
- 353 n型 ZnMgSSe 全反射層
- 354 n型 ZnMgSSe クラッド層
- 355 n型 ZnSSe 光ガイド層
- 356 アンドープ $\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Se}$ 歪み量子井戸活性層
- 40 357 p型 ZnSSe 光ガイド層
- 358 p型 ZnMgSSe クラッド層
- 359 p型 ZnMgSSe 全反射層
- 360 p型 ZnSSe コンタクト層
- 361 p型 $\text{ZnSe}_{0.4}\text{Te}_{0.6}$ グレーディッドコンタクト層
- 362 p型 $\text{ZnSe}_{0.3}\text{Te}_{0.7}$ コンタクト層

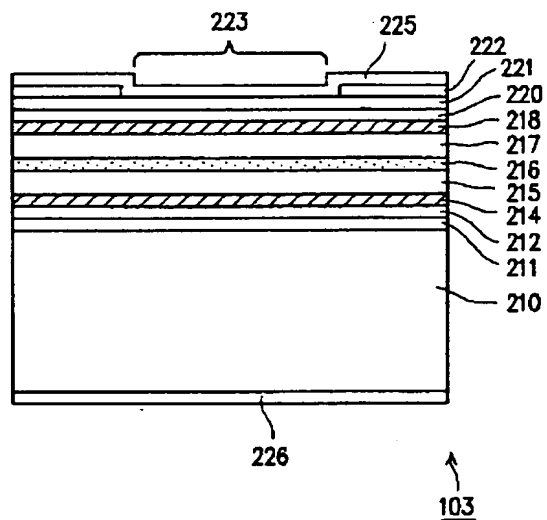
【図 1】



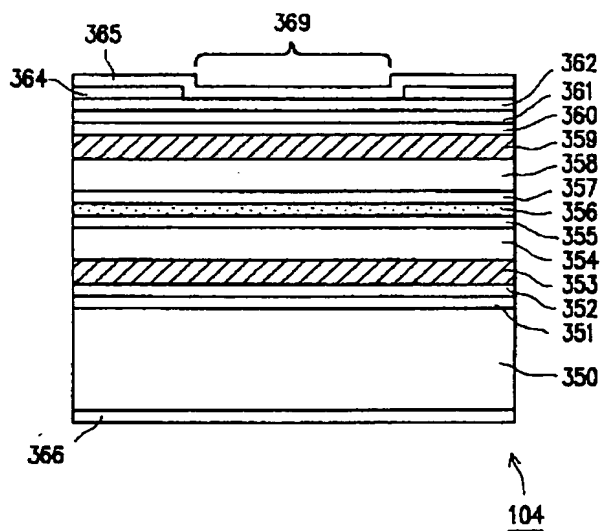
【図2】



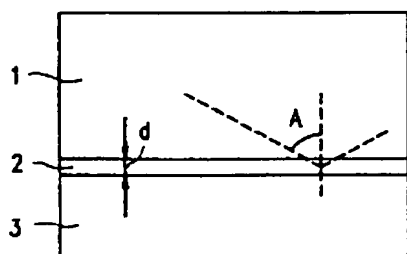
【図 3】



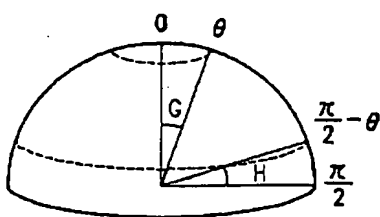
【図4】



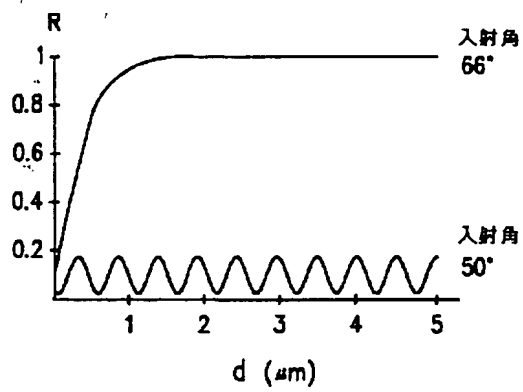
【例 5】



【图 7】



【図 6】



【図 8】

